

МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ВЫПОЛНИЛА

СТУДЕНТКА ГРУППЫ П-191

БФ РЭУ ИМ. Г. В. ПЛЕХАНОВА

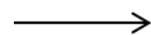
ПЕТУХОВА ОКСАНА ОЛЕГОВНА

Мы знаем, что вещество состоит из молекул. Молекулы в свою очередь состоят из атомов. Атом состоит из ядра и электронов. Атомное ядро состоит из элементарных частиц - нейтронов и протонов. Электроны движутся вокруг ядра по своим орбитам. Количество электронов и протонов в атоме одинаково. Количество нуклонов равно сумме нейтронов и протонов, содержащихся в ядре атома. Если атом теряет электрон он становится положительным ионом, а тот атом, который получает дополнительный электрон становится отрицательным ионом. Как же можно наблюдать процессы, происходящие в ядре?

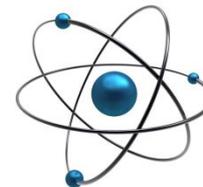
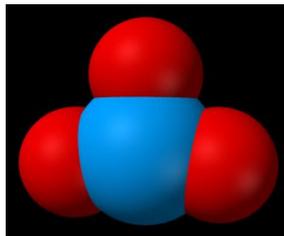
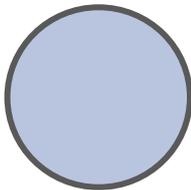
ВЕЩЕСТВО



МАЛЕКУЛЫ



АТОМЫ



Существуют различные способы и методы наблюдения и регистрации элементарных частиц. Для регистрации и изучения столкновений и взаимных превращений ядер и элементарных частиц используются различные регистрирующие устройства: счетчик Гейгера, пузырьковая камера, камера Вильсона. Данные устройства отличаются по своим основным характеристикам. Рассмотрим принцип их действия.



Счетчик Гейгера



Пузырьковая камера



Камера Вильсона

ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ СЧЕТЧИК ГЕЙГЕРА

Счетчик Гейгера — один из важнейших приборов для автоматического подсчета частиц. Счетчик состоит из стеклянной трубки, покрытой изнутри металлическим слоем (катод), и тонкой металлической нити, идущей вдоль оси трубки (анод). Трубка заполняется газом, обычно аргоном.



ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ СЧЕТЧИК ГЕЙГЕРА

Действие счетчика основано на ударной ионизации.

Заряженная частица (электрон, α -частица и т. д.), пролетая в газе, отрывает от атомов электроны и создает положительные ионы и свободные электроны. Электрическое поле между анодом и катодом (к ним подводится высокое напряжение) ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация. Возникает лавина ионов, и ток через счетчик резко возрастает. При этом на нагрузочном резисторе R образуется импульс напряжения, который подается в регистрирующее устройство.

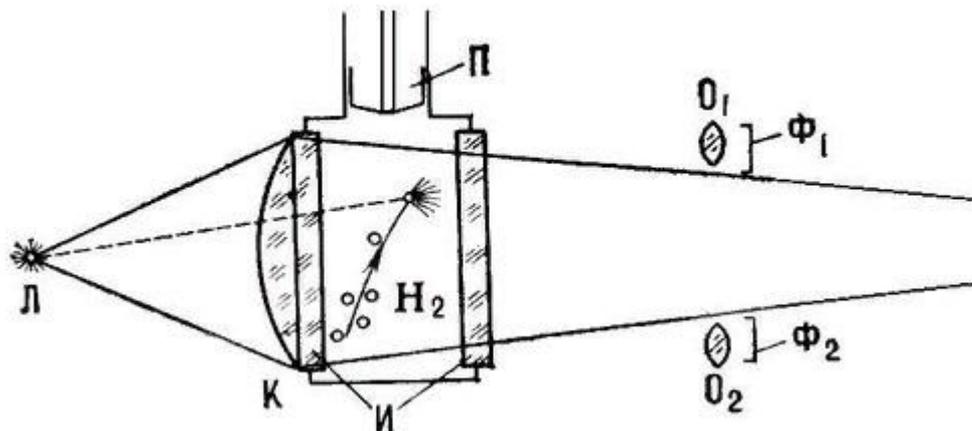
Для того чтобы счетчик мог регистрировать следующую попавшую в него частицу, лавинный разряд необходимо погасить. Это происходит автоматически. Так как в момент появления импульса тока падение напряжения на нагрузочном резисторе R велико, то напряжение между анодом и катодом резко уменьшается — настолько, что разряд прекращается.

Счетчик Гейгера применяется в основном для регистрации электронов и γ -квантов (фотонов большой энергии).

В настоящее время созданы счетчики, работающие на иных принципах

ПУЗЫРЬКОВАЯ КАМЕРА

В 1952 г. американским ученым Д. Глейзером было предложено использовать для обнаружения треков частиц перегретую жидкость. В такой жидкости на ионах (центрах парообразования), образующихся при движении быстрой заряженной частицы, появляются пузырьки пара, дающие видимый трек. Камеры данного типа были названы пузырьковыми.



ПУЗЫРЬКОВАЯ КАМЕРА

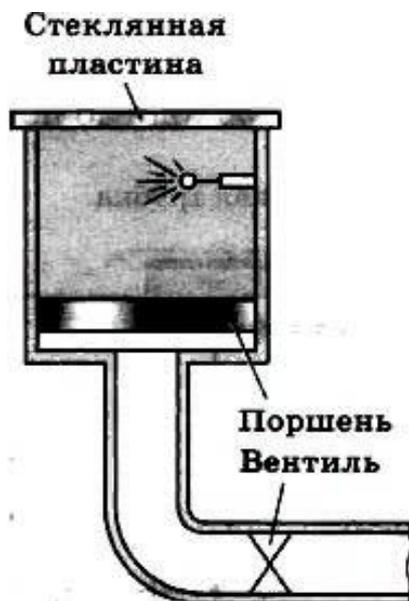
В исходном состоянии жидкость в камере находится под высоким давлением, предохраняющим ее от закипания, несмотря на то, что температура жидкости несколько выше температуры кипения при атмосферном давлении. При резком понижении давления жидкость оказывается перегретой, и в течение небольшого времени она будет находиться в неустойчивом состоянии. Заряженные частицы, пролетающие именно в это время, вызывают появление треков, состоящих из пузырьков пара. В качестве жидкости используются главным образом жидкий водород и пропан. Длительность рабочего цикла пузырьковой камеры невелика — около 0,1 с.

Преимущество пузырьковой камеры перед камерой Вильсона обусловлено большей плотностью рабочего вещества. Пробеги частиц вследствие этого оказываются достаточно короткими, и частицы даже больших энергий застревают в камере. Это позволяет наблюдать серию последовательных превращений частицы и вызываемые ею реакции.

Треки в камере Вильсона и пузырьковой камере — один из главных источников информации о поведении и свойствах частиц.

КАМЕРА ВИЛЬСОНА

Счетчики позволяют лишь регистрировать факт прохождения через них частицы и фиксировать некоторые ее характеристики. В камере же Вильсона, созданной в 1912 г., быстрая заряженная частица оставляет след, который можно наблюдать непосредственно или сфотографировать.



КАМЕРА ВИЛЬСОНА

Принцип действия камеры Вильсона основан на конденсации перенасыщенного пара на ионах с образованием капелек воды. Эти ионы создает вдоль своей траектории движущаяся заряженная частица.

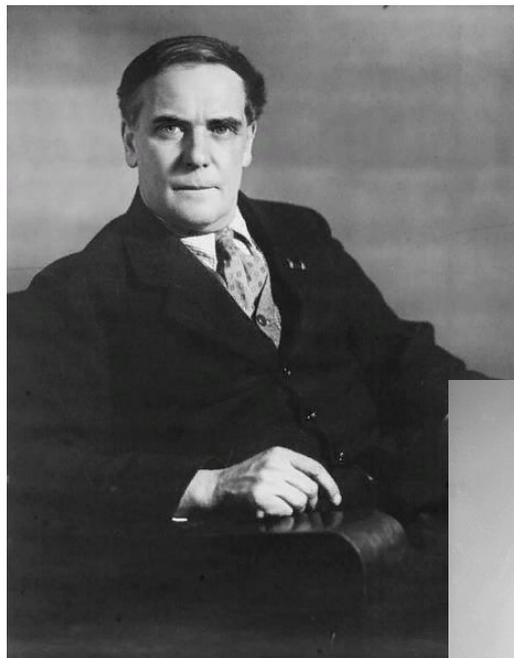
Камера Вильсона представляет собой герметически закрытый сосуд, заполненный парами воды или спирта, близкими к насыщению. При резком опускании поршня, вызванном уменьшением давления под ним, пар в камере адиабатно расширяется. Вследствие этого происходит охлаждение, и пар становится перенасыщенным. Это — неустойчивое состояние пара: он легко конденсируется, если в сосуде появляются центры конденсации. Центрами конденсации становятся ионы, которые образует в рабочем пространстве камеры пролетевшая частица. Если частица проникает в камеру сразу после расширения пара, то на ее пути появляются капельки воды. Эти капельки образуют видимый след пролетевшей частицы — трек.

Затем камера возвращается в исходное состояние, и ионы удаляются электрическим полем. В зависимости от размеров камеры время восстановления рабочего режима варьируется от нескольких секунд до десятков минут.

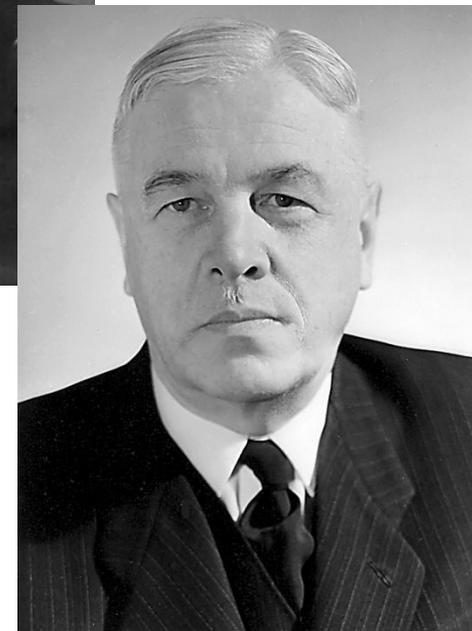
Информация, которую дают треки в камере Вильсона, значительно богаче той, которую могут дать счетчики. По длине трека можно определить энергию частицы, а по числу капелек на единицу длины трека — ее скорость. Чем длиннее трек частицы, тем больше ее энергия. А чем больше капелек воды образуется на единицу длины трека, тем меньше ее скорость. Частицы с большим зарядом оставляют трек большей толщины.

КАМЕРА ВИЛЬСОНА

Советские физики П. Л. Капица и Д. В. Скобельцын предложили помещать камеру Вильсона в однородное магнитное поле. Магнитное поле действует на движущуюся заряженную частицу с определенной силой (силой Лоренца). Эта сила искривляет траекторию частицы, не изменяя модуля ее скорости. Трек имеет тем большую кривизну, чем больше заряд частицы и чем меньше ее масса. По кривизне трека можно определить отношение заряда частицы к ее массе. Если известна одна из этих величин, то можно вычислить другую. Например, по заряду частицы и кривизне ее трека можно найти массу частицы.



*Петр
Леонидович
Капица*



*Дмитрий
Владимирович
Скобельцын*

МЕТОД ТОЛСТОСЛОЙНЫХ ФОТОЭМУЛЬСИЙ

Для регистрации частиц наряду с камерами Вильсона и пузырьковыми камерами применяются толстослойные фотоэмульсии.

Ионизирующее действие быстрых заряженных частиц на эмульсию фотопластинки позволило французскому физика А. Беккерелю открыть в 1896 г.

радиоактивность. Метод фотоэмульсии был развит советскими физиками Л. В. Мысовским, Г. Б. Ждановым и др.



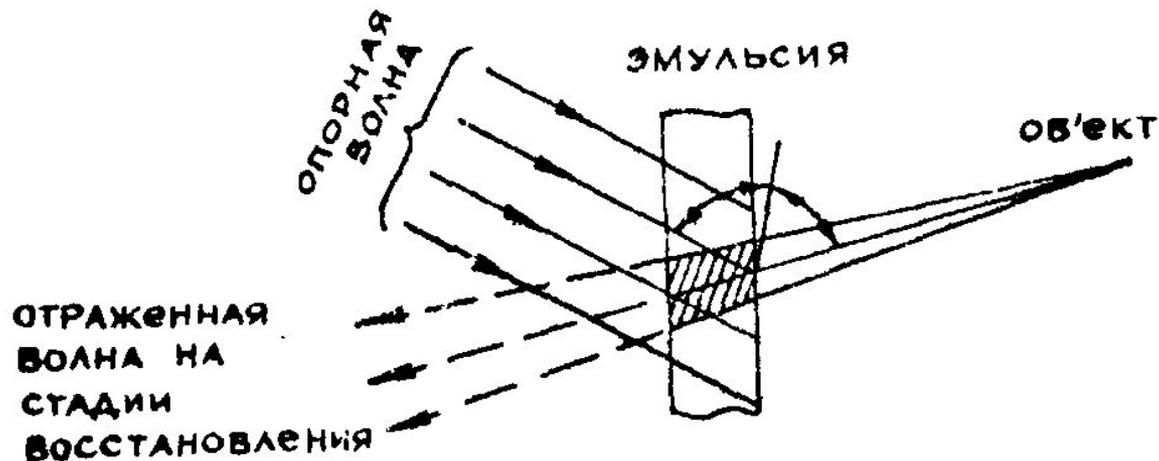
*Владимир
Георгиевич
Жданов*



*Лев Владимирович
Мысовский*

МЕТОД ТОЛСТОСЛОЙНЫХ ФОТОЭМУЛЬСИЙ

Фотоэмульсия содержит большое количество микроскопических кристалликов бромида серебра. Быстрая заряженная частица, пронизывая кристаллик, отрывает электроны от отдельных атомов брома. Цепочка таких кристалликов образует скрытое изображение.



МЕТОД ТОЛСТОСЛОЙНЫХ ФОТОЭМУЛЬСИЙ

При проявлении в этих кристалликах восстанавливается металлическое серебро и цепочка зерен серебра образует трек частицы. По длине и толщине трека можно оценить энергию и массу частицы. Из-за большой плотности фотоэмульсии треки получаются очень короткими (порядка 10^{-3} см для α -частиц, испускаемых радиоактивными элементами), но при фотографировании их можно увеличить.

Современные приборы для обнаружения, регистрации и определения характеристик редко встречающихся и короткоживущих частиц очень сложны. В создании таких приборов принимают участие сотни людей.

